



### **III-263 – VARIAÇÃO DE TEMPERATURA ENTRE LEIRAS DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EM SISTEMA WINDROW REVOLVIDAS UMA E DUAS VEZES POR SEMANA EM LOCAL COMTEMPLADO COM COLETA SELETIVA**

**Leila Maria Sotocorno e Silva<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental graduada pela Universidade Estadual Paulista. Mestranda do Programa em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina.

**Sandra Márcia Cesário Pereira da Silva**

Engenheira Civil graduada pela Universidade Estadual de Londrina. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela EESC - USP. Doutora em Engenharia Civil, com ênfase em Saneamento pela Escola Politécnica - USP. Pós-doutora pela Escola Politécnica - USP em Saneamento. Docente do Departamento de Construção Civil da Universidade Estadual de Londrina, atuando na área de hidráulica e saneamento.

**Elson Mendonça Felici**

Engenheiro Ambiental graduado pela Universidade Estadual Paulista. Mestrando do Programa em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina.

**Fernando Fernandes**

Engenheiro Civil graduado pela Universidade de Campinas. Doutor pelo Instituto Nacional Politécnico de Toulouse – França. Docente do Departamento de Construção Civil da Universidade Estadual de Londrina, atuando na área de hidráulica e saneamento.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade Estadual de Londrina – UEL. Centro de Tecnologia e Urbanismo – CTU. Departamento de Construção Civil – DCCi. Rod. Celso Garcia Cid PR445 Km380 Campus Universitário. Cx Postal 6001 CEP 86051-990. Fone: +55 (43) 3371 4455 e +55 (43) 3371 4815 (lab) Email: leilasotocorno@yahoo.com.br

#### **RESUMO**

A destinação final dos resíduos sólidos constitui um sério problema para a sociedade atual, principalmente em regiões de grande concentração urbana, onde a disponibilidade de áreas para disposição dos rejeitos é cada vez menor. Dentro desse contexto a compostagem aparece como uma solução econômica e ambientalmente viável para a reciclagem dos resíduos orgânicos. No Brasil são poucas as centrais de triagem e compostagem implantadas e que estão em funcionamento, haja vista que a grande maioria encontra-se paralisada ou mesmo desativada. A falta de conhecimento a cerca do processo pode ser apontada como o fator primordial para o fracasso. Sabe-se que diversos fatores, principalmente a temperatura e umidade, influenciam no processo de compostagem. Dessa forma, esse trabalho objetiva analisar a temperatura em leiras de compostagem constituídas de resíduos sólidos domiciliares coletados em município que é contemplado por coleta seletiva, sem a realização do processo de triagem dos mesmos, examinando se existe ou não diferenças significativas entre leiras revolvidas uma ou duas vezes por semana. Para isso, a temperatura de seis leiras de compostagem, três revolvidas uma vez por semana e três revolvidas duas vezes semanalmente, foram monitoradas durante 149 dias. Esta pesquisa foi realizada em condições reais de operação do processo de compostagem, visto que foi executado na central de triagem e compostagem de um município. Os resultados mostram que não há diferença significativa no que diz respeito à temperatura para leiras revolvidas uma ou duas vezes por semana, mas que as temperaturas de topo, meio e base das leiras são diferentes entre si. Pode-se observar ainda que as maiores temperaturas ocorreram juntamente com os maiores teores de umidade e vice-versa. Diante destes resultados, verifica-se que não é a falta de equipamentos para triagem que inviabiliza a realização da compostagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compostagem, Resíduos orgânicos, Leiras, Temperatura, Umidade.

#### **INTRODUÇÃO**

A destinação final dos resíduos sólidos constitui um sério problema para a sociedade atual, principalmente em regiões de grande concentração urbana, onde a disponibilidade de áreas para disposição dos rejeitos é cada vez menor. Várias formas de tratamento e disposição final como compostagem, incineração e aterros sanitários, têm sido estudadas para tentar minimizar esse problema.

A tendência internacional, hoje considerada moderna, busca o maior desvio possível de resíduos dos aterros, no intuito de prolongar a vida útil dos mesmos. Além disso, a falta de espaço e de verbas para a construção de novos aterros têm contribuído para despertar o interesse do setor público na busca de alternativas economicamente sustentáveis. Seguindo esse raciocínio, o primeiro objetivo de um modelo gerencial seria captar separadamente e reaproveitar o material orgânico.

Neste sentido, surgem as centrais de triagem e compostagem, visando maximizar a vida útil dos aterros sanitários, haja vista a remoção dos materiais recicláveis presentes nos resíduos sólidos domiciliares, como também a transformação da matéria orgânica, que no Brasil é em torno de 50%, em composto, através de um balanço de massa ao longo de todo o processo.

O processo de compostagem pode ser definido como uma bioxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico heterogêneo, no estado sólido, caracterizado pela produção de gás carbônico, água, liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável (FERNANDES & SILVA. 1999). Em suma, a compostagem pode ser definida como um processo biológico de decomposição da matéria orgânica.

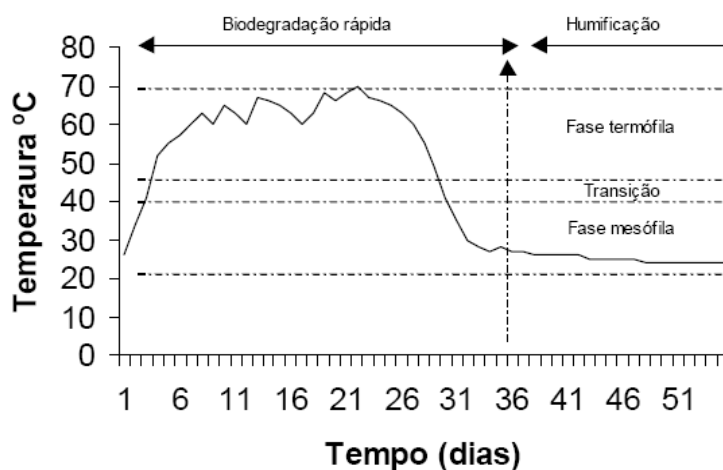
O sistema de leiras revolvidas, também chamado de sistema *windrow*, baseia-se na disposição dos resíduos em leiras, onde a aeração necessária é fornecida pelo revolvimento dos resíduos e pela convecção e difusão do ar na massa do composto (FERNANDES & SILVA. 1999).

As principais vantagens apresentadas pela compostagem são a economia de área do aterro; o aproveitamento agrícola da matéria orgânica; a reciclagem de nutrientes para o solo e a eliminação de patógenos. Além disso, a compostagem pode ser considerada um processo ambientalmente seguro.

Segundo Jardim (1995) os principais fatores que podem influenciar na compostagem são a aeração, a umidade, a temperatura, a concentração de nutrientes, a relação C/N (carbono/nitrogênio) e o pH.

A temperatura é um fator importante principalmente no que diz respeito à rapidez do processo de biodegradação e à eliminação de patógenos. Em relação à temperatura, o processo de compostagem divide-se em três fases: o processo criofílico, onde a matéria orgânica é digerida a uma temperatura próxima da temperatura ambiente; o processo mesofílico, onde as temperaturas variam de 40°C e 55°C e o processo termofílico, onde as temperaturas situam-se acima de 55°C (LIMA 2002).

**Figura 1: Evolução da temperatura em uma leira de compostagem.**



Fonte: Fernandes & Silva (1999)

Como mostrado na Figura 1, o processo de compostagem apresenta duas fases distintas: a biodegradação rápida e a fase de humificação. Na primeira, também conhecida como bioestabilização, a atividade microbiológica é intensa e ocorre grande consumo de oxigênio pelos microrganismos, elevação da temperatura e mudanças visíveis na massa de resíduos em compostagem, pois ela se torna escura e não apresenta odor agressivo. Na segunda fase, também chamada de maturação, a atividade biológica é pequena, diminuindo assim a necessidade de aeração. O processo ocorre à temperatura próxima a do ambiente. O composto estará apto a ser aplicado no solo apenas após essa fase.



Geralmente a primeira etapa ocorre entre 25 a 35 dias e a fase de maturação entre 30 e 60 dias (PEREIRA NETO, 1989). Segundo MARÍN et al. (2005), o período de cada estágio está relacionado com a natureza da matéria orgânica a ser decomposta e com os fatores que interferem na eficiência do processo, já citados anteriormente.

Apesar da elevação da temperatura ser interessante no que diz respeito à eliminação de patógenos, Fernandes & Silva (1999) dizem que acima de 65°C o calor limita a ação de alguns microorganismos, podendo haver um decréscimo da atividade biológica e conseqüentemente um ciclo de compostagem mais longo. Dessa forma, é interessante que na fase termófila as temperaturas situem-se entre 55°C e 65°C, faixa que permite a máxima intensidade de atividade biológica.

Para Lima (2002) temperaturas inferiores a 37°C tornam o processo mais lento e não eliminam as possíveis sementes e ovos viáveis presentes nos resíduos, enquanto que, temperaturas acima de 60°C podem inibir o processo ou cessá-lo rapidamente.

De acordo com Richard (1998) as temperaturas da altura intermediária da leira são maiores que as do topo e da base.

Segundo Pereira Neto (1996) os fatores que podem influenciar a temperatura nas leiras de compostagem são: as características da matéria-prima; o tipo de sistema de compostagem utilizado; a configuração geométrica das leiras e o controle operacional, no que diz respeito principalmente ao revolvimento.

Conforme Silva (2000), a umidade está diretamente relacionada com o tamanho das partículas e com o tamanho e formato das leiras. Quanto menores e mais finas as partículas, maior será a capacidade de retenção da umidade. Com relação ao tamanho das leiras pode-se dizer que as menores tendem a perder mais umidade. À medida que a matéria orgânica vai se humificando, sua capacidade de reter umidade também aumenta.

Em relação à umidade pode-se dizer que dela depende a atividade biológica, já que a água é fundamental para a vida microbiana. Assim a umidade é um fator relevante no processo de compostagem. O teor ótimo situa-se entre 50 e 60%. Fatores abaixo de 40% podem inibir a atividade biológica e prejudicar a eficiência do processo. Por outro lado, valores de umidade acima de 65% fazem com que a água ocupe os espaços vazios do meio, impedindo a passagem de oxigênio e conseqüentemente prejudicando o processo (FERNANDES & SILVA, 1999).

O excesso de umidade em uma leira de compostagem pode ser percebido pela exalação de odores característicos de processos anaeróbios, como o gás sulfídrico. Para controlar o excesso de umidade devem-se realizar movimentos periódicos de revolvimento nas leiras para a injeção de ar, além de priorizar a formação de leiras de menor tamanho, evitando assim a compactação das camadas inferiores que podem impedir a entrada de ar (KIEHL 1998).

Como já citado anteriormente, a temperatura e a umidade são fatores fundamentais no processo de compostagem. Assim, este trabalho objetiva analisar a temperatura em leiras de compostagem, constituídas de resíduos sólidos domiciliares coletados em município contemplado por coleta seletiva, sem a realização do processo de triagem dos mesmos, examinando se existe ou não diferenças significativas entre leiras revolvidas uma ou duas vezes por semana. Esta pesquisa foi realizada em condições reais de operação do processo de compostagem, visto que foi executado na central de triagem e compostagem de um município.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **ÁREA DE ESTUDO**

A pesquisa foi realizada na central de triagem e compostagem do município de Martinópolis que se localiza no extremo oeste do estado de São Paulo (22°08'45" Sul e 51°10'15" Oeste e a 488 metros acima do nível do mar) e tem uma população de 23.983 habitantes (IBGE 2007).

A unidade foi implantada no ano de 2001, e projetada para receber todos os resíduos sólidos domiciliares gerados no município, incluindo-se assim, os resíduos gerados também nos dois distritos, na Represa Laranja Doce e Penitenciária de Segurança Máxima de Martinópolis. Atualmente recebe em média 76 toneladas semanais. Para o processamento dos resíduos utiliza-se uma esteira de catação, onde são triados os materiais



que chegam ao local e também duas prensas elétricas para o enfardamento dos materiais recicláveis que são passíveis de comercialização.

Até o ano de 2006, período em que era realizada a compostagem, a Central possuía acoplada à esteira de catação, uma peneira rotativa fixa, para beneficiamento do composto. Porém, essa peneira foi desativada, a partir de janeiro de 2007. A frota de veículos da Central é composta, atualmente, por dois caminhões, um caçamba e outro carroceria, uma pá-carregadeira, um trator e um veículo Kombi. O município conta com um aterro controlado em valas, localizado também nas adjacências da Central, para onde é encaminhado diariamente o rejeito.

Martinópolis possui um programa de coleta seletiva implantado em março de 2007, que abrange todo o município. Desde a implantação, essa coleta é realizada porta a porta pelos associados da ACAMART (associação dos catadores de lixo da cidade), através do auxílio de um caminhão com carroceria, disponibilizado pela prefeitura municipal.

## MONTAGEM DAS LEIRAS

A partir do delineamento experimental foram instaladas seis leiras, de dimensões idênticas (3,0m x 5,0m x 1,5m), no pátio da central de triagem, cuja área disponível era de 3.600 m<sup>2</sup> e o revestimento asfáltico. As leiras foram cobertas com lonas, somente em épocas de chuvas a fim de evitar excesso de umidade, como mostrado na Figura 2.

**Figura 2: Leiras recobertas com lona para evitar a interferência de chuvas.**



As leiras foram construídas com resíduo advindo da coleta convencional e foram subdivididas em dois grupos de três cada, que foram submetidas a revolvimento diferenciado, sendo um grupo revolvido uma vez e outro duas vezes por semana. Desta forma, foram realizadas três repetições para cada condição. Como era importante que todas as leiras fossem montadas no mesmo dia, para uniformização dos resíduos utilizados, procedeu-se a pesagem durante uma semana, dos caminhões da coleta convencional. Dessa forma seria possível estimar a massa e o volume de resíduos gerados semanalmente no município, para que assim pudessem ser determinados quantos dias de armazenamento de resíduos seriam necessários para a montagem das leiras, visto tratar-se de uma usina de pequeno porte.

É importante salientar que a massa de resíduos advinda da coleta convencional, e depositada diretamente no pátio de compostagem apresentava-se em sua maior parte, embalada por sacos plásticos, o que dificulta o processo de compostagem. Com o intuito de facilitar o processo, os sacos foram rasgados e retirados da massa de resíduos, como mostrada na Figura 3.



**Figura 3 – Vista dos sacos plásticos retirados da massa de resíduos.**



## **CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS**

A caracterização foi realizada utilizando uma porção do material acumulado para a montagem das leiras, seguindo o método de quarteamento estabelecido pela NBR 10.007 (ABNT, 1987), que consiste em um processo de separação pelo qual uma amostra bruta, na forma de monte, é dividida em quatro partes. Em seguida são escolhidos dois quartis, opostos entre si, para se proceder a uma nova amostragem, seguindo-se assim sucessivamente até que seja obtida uma amostra com volume aproximado de 5 litros.

Foi realizada a análise gravimétrica, para se ter uma idéia da composição do lixo estudado e comparação da quantidade de inertes presentes nas leiras. Determinou-se também a densidade dos resíduos (material-base para formação das leiras) com o auxílio de um tambor de 200 litros. Completou-se o tambor, pesou-se a massa de resíduos e em seguida dividiu-se pelo volume ocupado, obtendo-se assim os valores de densidade.

## **MONITORAMENTO DAS LEIRAS**

Os parâmetros definidos para o monitoramento das leiras durante todo o processo foram: temperatura, umidade e data do revolvimento da leira.

Devido à influência da temperatura no processo de compostagem, estabeleceu-se que essa variável seria medida diariamente. Para sua medição foi utilizado um termômetro digital da marca Jenco com uma haste de 1,0 metro de comprimento. A fim de se evitar possíveis interferências, sua medição era realizada em nove pontos distintos de cada uma das leiras e, em profundidades pré-estabelecidas e padronizadas, sendo três medidas relativas ao topo, três em relação ao meio e três restantes efetuadas na base da leira. A temperatura ambiente também foi registrada durante todos os dias do experimento através de um termômetro da marca Thermo Higo instalado em área coberta anexa ao galpão de armazenamento de recicláveis. As temperaturas foram medidas diariamente, no período entre 10 de junho de 2008 e 05 de novembro de 2008, totalizando 149 dias.

O controle de umidade em campo foi feito por observação, através do aspecto visual, que consistia em verificar se as leiras apresentavam-se com aspecto úmido ou seco, já que a determinação de umidade era realizada no Laboratório de Saneamento da Universidade Estadual de Londrina, que ficava há 180 km da Central de Triagem e Compostagem de Martinópolis. As amostras foram compostas, realizadas em 10 pontos de cada leira, em diferentes profundidades, e devidamente identificadas e acondicionadas em sacos plásticos bem fechados para a determinação dos teores de umidade através do método descrito em APHA *et. al.* (2005). O transporte destas amostras até o Laboratório de Saneamento da Universidade Estadual de Londrina foi realizado no mesmo dia da coleta, assim como os procedimentos analíticos.

Ao longo do processo, observando-se a temperatura e a sua influência sobre a umidade, avaliou-se também se a mesma encontrava-se adequada à manutenção do processo. Quando necessário era adicionada água, sempre no momento do revolvimento, com o auxílio de mangueiras e um caminhão pipa.

Das seis leiras montadas, as numeradas como 1, 2 e 3 foram revolvidas apenas uma vez por semana, enquanto que as denominadas 4, 5 e 6 sofreram dois revolvimentos semanais.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software STATISTICA versão 6.0





## RESULTADOS

### CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS ORIUNDOS DA COLETA SELETIVA

Com o intuito de quantificar os resíduos provenientes da coleta seletiva e monitorar a eficiência do sistema implantado, foi realizada a pesagem do caminhão durante a semana de 31/03/08 a 04/04/08, obtendo-se assim os valores apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1: Peso, em quilogramas, dos recicláveis oriundos da coleta seletiva municipal, na semana de 31/03/08 a 04/04/08.**

Data	Peso (Kg)
31/03/08	1.120,0
01/04/08	1.410,0
02/04/08	670,0
03/04/08	630,0
04/04/08	520,0
Total Semanal	4350,00

Segundo dados da Prefeitura Municipal, neste mesmo período foram pesados 76.640,00 quilogramas de resíduos provenientes da coleta convencional. A situação torna-se um tanto quanto preocupante quando se calcula a taxa de recuperação dos recicláveis promovida pela ACAMART, a qual aproxima-se de 5,37%, percentual muito baixo para um programa de coleta seletiva implantado há mais de 1 ano. A baixa adesão da população ao programa é visível quando se observa visualmente a grande quantidade de recicláveis misturados à massa de resíduos que chegam até a central.

### ANÁLISE GRAVIMÉTRICA E DENSIDADE

A Tabela 2 mostra os resultados da análise gravimétrica referente à matéria orgânica, metal, vidro, plástico, papel e outros tipos de materiais, dos resíduos triado e retriado.

**Tabela 2: Análise gravimétrica dos resíduos utilizados como material base para as leiras.**

	Matéria Orgânica	Metal	Vidro	Plástico	Papel	Outros
Resíduo triado	71,7%	1,09%	0,54%	8,15%	3,80%	14,72%

Nota-se através da Tabela 2 que a porcentagem de matéria-orgânica presente é bastante elevada, visto que a literatura aponta um valor médio aproximado de 55%, em peso, de matéria putrescível presente nos resíduos sólidos gerados no país. Um fato que chamou muita a atenção é o grande percentual de trapos presente na massa de resíduos que chega ao local.

A densidade dos resíduos foi determinada, obtendo-se 0,46 Kg/l.

### MONITORAMENTO DAS LEIRAS

As Figuras de 4 a 6 mostram as variações de temperatura no topo, meio e base, nas leiras que foram revolvidas uma vez por semana.



Figura 4: Variação da temperatura na leira 1.

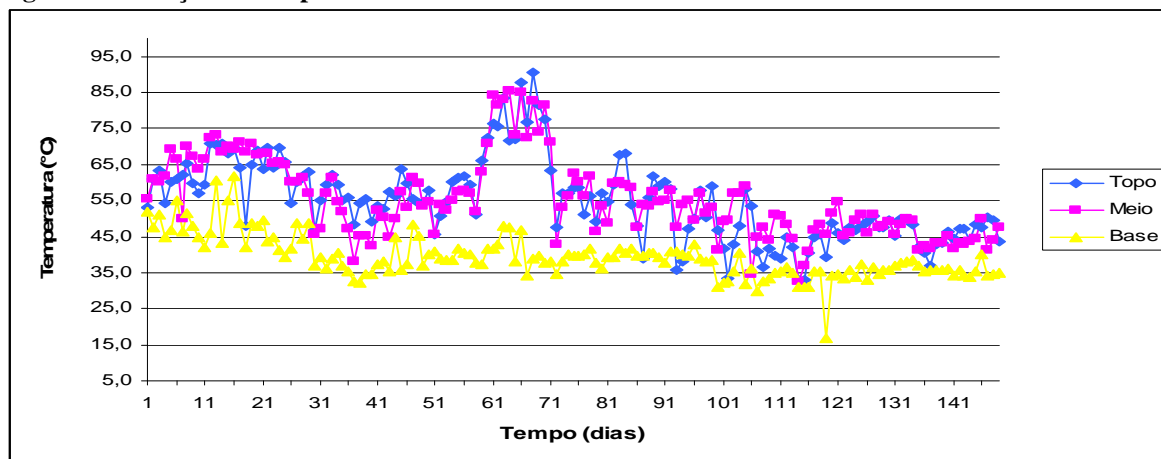


Figura 5: Variação da temperatura na leira 2.

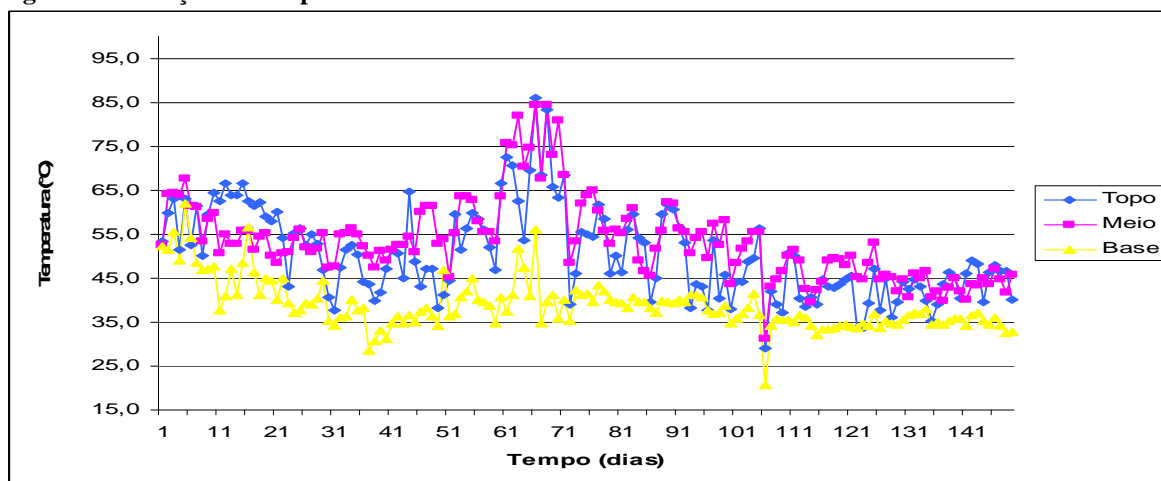
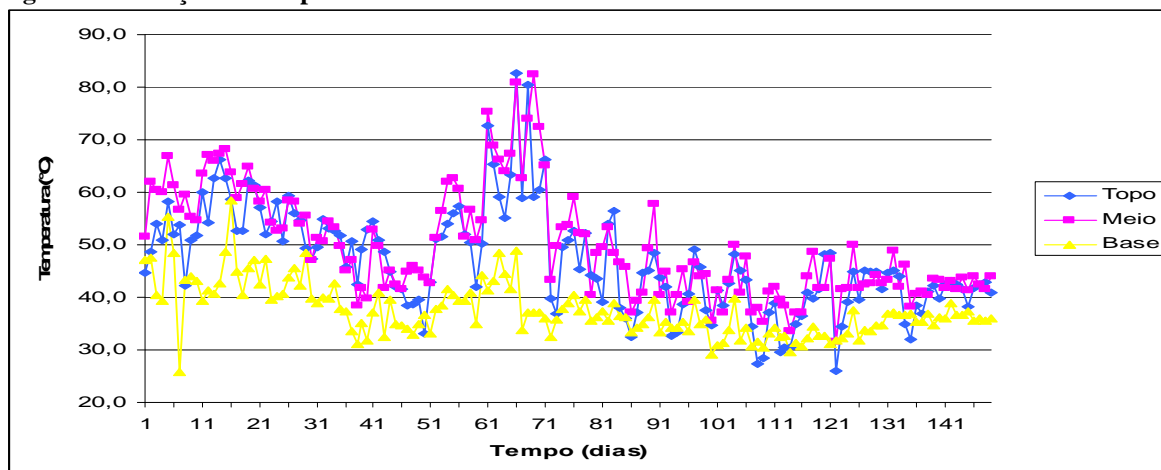


Figura 6: Variação da temperatura na leira 3.



As Figuras de 7 a 9 mostram as variações de temperatura no topo, meio e base nas leiras que foram revolvidas duas vezes por semana.



Figura 7: Variação da temperatura na leira 4.

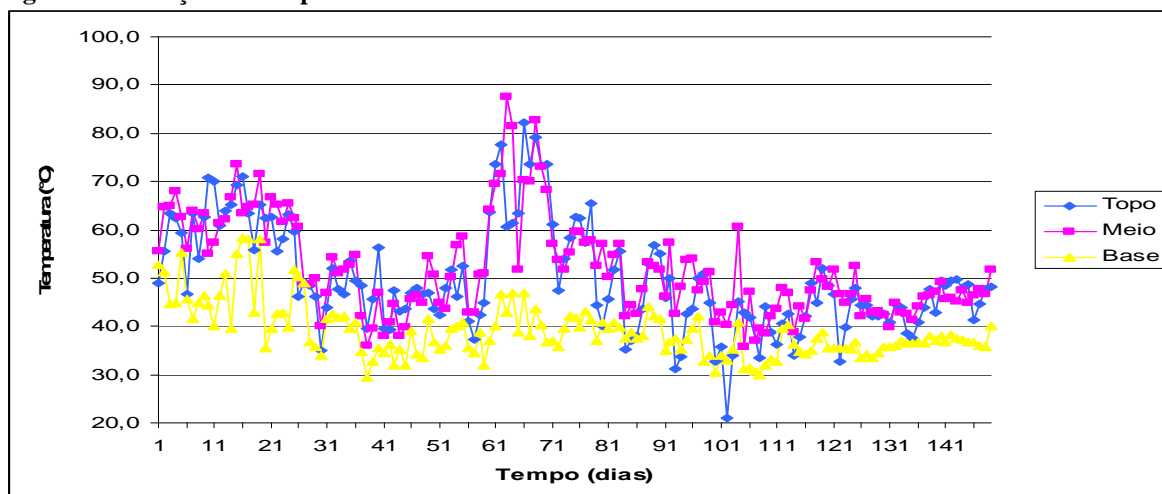


Figura 8: Variação da temperatura na leira 5.

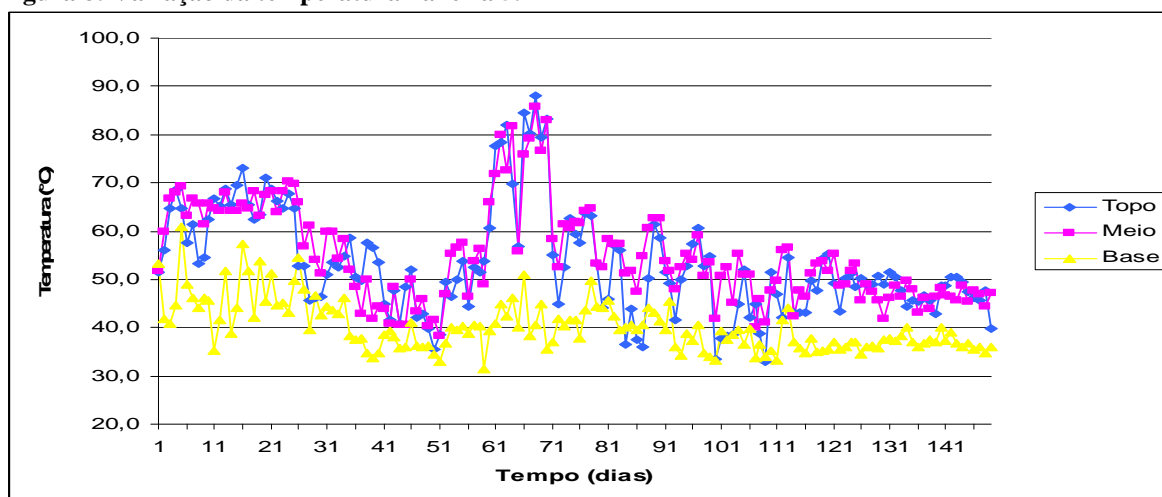
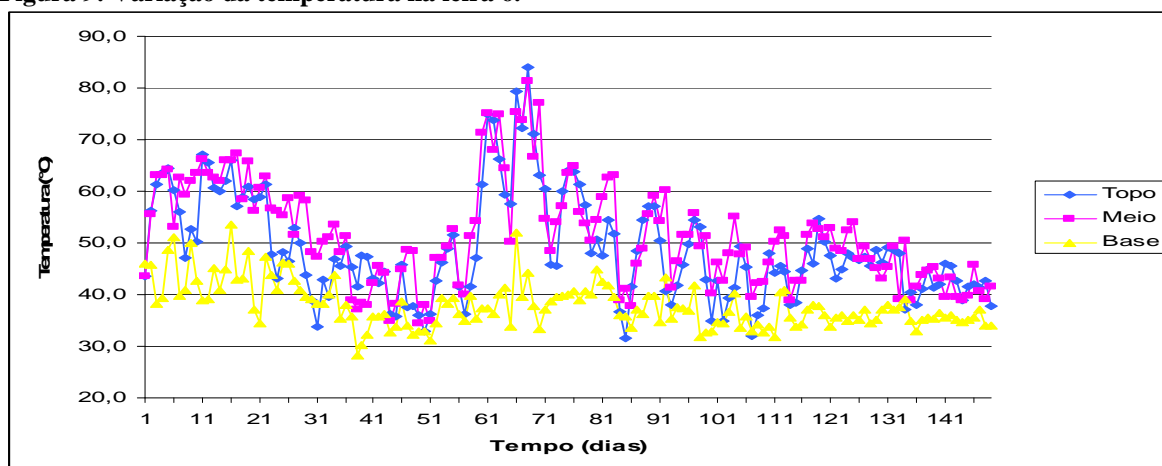


Figura 9: Variação da temperatura na leira 6.



Observa-se que as temperaturas das leiras analisadas mantiveram-se na faixa entre 15 e 90°C.

De acordo com as Figuras de 4 a 9 pode-se observar que a temperatura inicial de todas as leiras apresentou-se elevada, visto que as mesmas variaram de 43 a 55°C, em conformidade com o enunciado por KIEHL (1985). Segundo o autor, depois de montada, a leira geralmente atinge temperaturas de 40 a 50°C dentro de dois dias.





Os maiores valores de temperatura ocorreram entre o 56º e 71º dia, acordando com a Figura 1. Esse período compreende a fase de degradação rápida, onde ocorre intensa atividade biológica e conseqüente consumo de oxigênio pelos microrganismos e elevação da temperatura.

De acordo com Fernandes & Silva (1999) se a leira registrar temperatura na faixa entre 40°C e 60°C no segundo ou terceiro dia é sinal que o ecossistema está bem equilibrado e que a compostagem tem todas as chances de ser bem sucedida. Esse fato aconteceu em todas as leiras estudadas, sinalizando uma boa eficiência do processo.

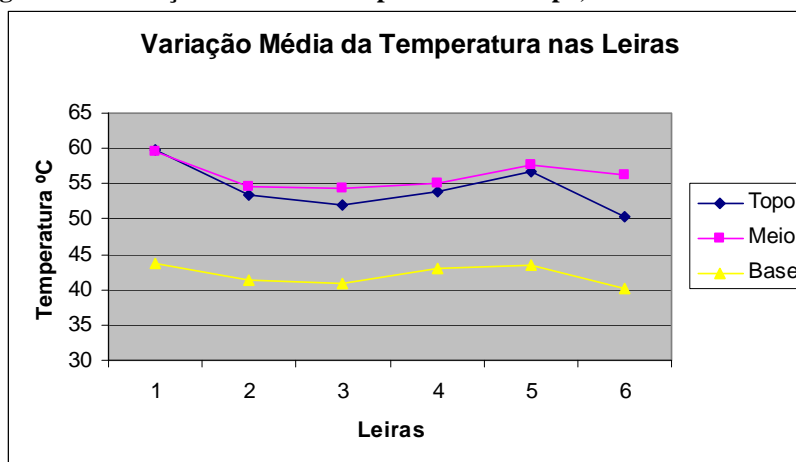
Segundo os testes estatísticos realizados, não existe diferença significativa em relação à temperatura para leiras revolvidas uma ou duas vezes por semana. Já as temperaturas médias em diferentes alturas da leira, apresentaram diferença significativa entre si, onde a temperatura na altura intermediária foi maior que a do topo e que a da parte inferior, acordando com Richard (1998), e como mostrado na Figura 10. Nota-se também uma proximidade das temperaturas de meio e do topo. A Tabela 3 descreve os resultados da análise estatística aplicando-se o Teste de Tukey, apresentando os valores de p, que confirmam existência de diferença significativa entre as temperaturas de topo, meio e base.

**Tabela 3: Resultados do Teste de Tukey para comparar a temperatura nas diferentes alturas das leiras.**

Altura	Topo	Meio	Base
Topo	-	0,005938	0,000022
Meio	0,005938	-	0,000022
Base	0,000022	0,000022	-

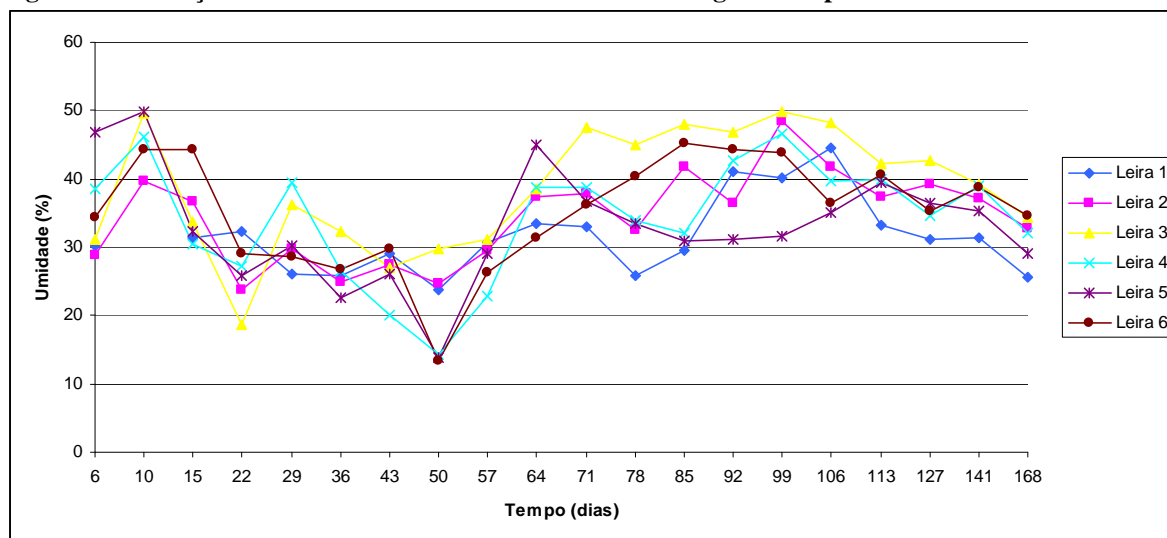
A Figura 10 mostra a variação média das temperaturas do topo, meio e base nas leiras revolvidas semanalmente (leiras 1 a 3) e duas vezes na semana (leiras 4 a 6).

**Figura 10: Variação média das temperaturas do topo, meio e base nas leiras.**



A Figura 11 apresenta a variação da umidade em todas as leiras monitoradas ao longo do processo.

**Figura 11: Variação da umidade nas leiras monitoradas ao longo do tempo.**



Observa-se pela Figura 11, que no início do processo de compostagem, de maneira geral, todas as leiras apresentaram umidade relativamente satisfatória, variando de 30 a 47%. Porém, transcorridos 40 dias, a umidade das leiras 4 a 6 começou a declinar rapidamente, atingindo umidade inferior a 15%, na 8ª semana do experimento. No entanto, diferentemente das demais, os valores críticos de umidade das leiras de 1 a 3 foram registrados já na 4ª semana do experimento. Após 50 dias do início do experimento, observa-se uma elevação súbita da umidade, a qual mantém-se durante quase todo o decorrer do processo de compostagem.

Pode-se ressaltar ainda que as leiras apresentaram comportamentos semelhantes em relação à umidade, onde a maior parte dos valores situaram-se na faixa de 30 a 50%. Foi possível notar uma relação entre umidade e temperatura, onde teores de umidade mais altos foram responsáveis por temperaturas mais elevadas e teores de umidade mais baixos aconteceram juntamente com temperaturas mais baixas.

No início do processo, verificou-se que na composição do material que estava sendo compostado havia grande quantidade de resíduo de podas, fato esse que dificultou a retenção de umidade. A granulometria do material também deve ter influenciado na retenção da umidade.

De modo geral, observou-se que mesmo em condições adversas de umidade, inúmeras vezes provocadas pelas condições operacionais disponíveis, o processo de compostagem pôde ser concluído com sucesso.

## CONCLUSÕES

Com a análise dos dados pode-se concluir que:

- Em relação à temperatura, não existe diferença significativa entre leiras revolvidas uma ou duas vezes por semana;
- Em relação às temperaturas de topo, meio e base das leiras pode-se dizer que elas são diferentes significativamente entre si e que as temperaturas do meio da leira foram mais altas do que as do topo e da base em grande parte dos dias analisados.
- A influência da umidade sobre a temperatura das leiras foi confirmada. As maiores temperaturas ocorreram juntamente com os picos de umidade (por volta do décimo dia do processo) enquanto que as menores temperaturas ocorreram nos períodos com os menores teores de umidade, já no final do processo de compostagem.
- A inexistência de processo de triagem não inviabiliza o processo de compostagem.
- O processo de compostagem pôde suportar condições adversas de temperatura e umidade.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Amostragem de resíduos: procedimento. (NBR) 10.007. Rio de Janeiro, (1987).
2. APHA, AWWA, WEF (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF) / 21ª edição (2005).
3. FERNANDES, F. & SILVA, S. M. C. P. Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos. 1ªed. Rio de Janeiro, RJ: ABES, 1999.
4. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> . Acesso em 10 ago 2008.
5. JARDIM, N.S. (coord). Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. 1º ed. São Paulo: IPT/CEMPRE 1995.
6. KIEHL, E. J. Manual de Compostagem – Maturação e Qualidade do Composto. In: Barreira, L. P. Avaliação das Usinas de Compostagem do Estado de São Paulo em Função da Qualidade dos Compostos e dos Processos de Produção. Tese (Doutorada), Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo 2005.
7. LIMA, L. M. Q. Lixo: Tratamento e Biorremediação. 3º ed. São Paulo: Hemus, 2004.
8. MARÍN, I. et al. Biotechnología y medioambiente. Ed. Ephemera, Madri, 2005.
9. PEREIRA NETO, J. T. Conceitos Modernos de Compostagem. *Engenharia Sanitária*, v.28, n.3, p 104-109. 1989. In: BRITO, M.J.C. Processo de Compostagem de Resíduos Urbanos em Pequena Escala e Potencial de Utilização do Composto como Substrato. Dissertação (Mestrado), Universidade de Tiradentes, Aracaju. 2008.
10. PEREIRA NETO, J. T. Manual de Compostagem: Processo de Baixo Custo. Belo Horizonte. UNICEF. 1996.
11. RICHARD, T. L., Municipal Solid Waste Composting: Biological Processing, Ithaca NY: Cornell Waste Management Institute, Cornell University, 1998.
12. SILVA, M. E. C. Compostagem de Lixo em Pequenas Unidades de Tratamento. Viçosa, CPT, 2000